Aus dem Max-Planck-Institut für Biophysik Frankfurt am Main
Direktor: Dr. Dr. B. Rajewsky

Zur Bedeutung der Ionisations- und Anregungs-Prozesse bei der biologischen Strahlenwirkung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaftlichen Fakultät an der
Johann-Wolfgang-Goethe-Universität
zu Frankfurt am Main

D 30

Vorgelegt von Irmgard Wolf aus Frankfurt am Main

1954

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Zusammenfassung

Um die Bedeutung der Ionisations- und Anregungsprozesse für die "biologische Strahlenwirkung" zu untersuchen, wurde die Einwirkung von Röntgenstrahlen und ultraviolettem Licht auf eine biologisch wichtige Substanz, die Desoxyribonukleinsäure (DNS) geprüft.

Es wurden wässrige DNS-Lösungen in Konzentrationen von 10^{-3} g DNS/cm^3 und 10^{-4} g DNS/cm^3 mit Röntgen- und UV-Strahlen bestrahlt. Getestet wurde die Änderung des Absorptionsspektrums der DNS-Lösungen - gemessen mit einem Beckman-Spektralphotometer - nach Bestrahlung mit verschiedenen Dosen.

Es zeigte sich eine Zunahme der Durchlässigkeit bzw. eine Abnahme des Extinktionskoeffizienten im Bereich $230 < \lambda < 300$ mμ mit steigender Dosis.

Die Röntgenbestrahlung erfolgte mit einer Hochleistungsröhre mit Dosen von 18 000 bis 1 440 000 r. In eingefrorenen Lösungen trat bei Röntgenbestrahlung mit 72 000 r kein merklicher Effekt auf. Dies lässt darauf schliessen, dass bei Röntgenbestrahlung unter den vorliegenden Bedingungen im wesentlichen eine indirekte Strahlenwirkung stattfindet.

Die Einwirkung von H_2O_2 ergab qualitativ gleichartige Veränderungen des Absorptionsspektrums der DNS wie bei den Röntgenstrahlenversuchen.

Der Extinktionskoeffizient E ist der Konzentration der DNS proportional. Der Verlauf von E als Funktion der Strahlendosis Q konnte durch Überlagerung von 2 Exponentialfunktionen analysiert werden. Aus der logarithmischen Anfangs- und Endsteigung wurden Wirkvolumina v_α und v_β berechnet. v_α erwies sich als konzentrationsabhängig und kann als Wirkvolumen für die indirekte Strahlenwirkung gedeutet werden. v_β dagegen scheint konzentrationsunabhängig zu sein und könnte möglicherweise als Mass für eine direkte Strahlenwirkung gelten. Das Verhältnis v_α / v_β beträgt ≈ 1000.

Die Lebensdauer der Energieträger bei der indirekten Strahlenwirkung (Radikale) wurde in der Grössenordnung von 10^{-6} sec ermittelt.

Die Ionenausbeute für die indirekte Strahlenwirkung lag in der Grössenordnung von 1 und war konzentrationsabhängig.

Verschiedene radiochemische Prozesse zur Deutung der Versuchsergebnisse werden diskutiert:

1. Die Strahlung wirkt auf 2 chemisch verschiedene empfindliche Bereiche,
2. die chemisch gleichen empfindlichen Bereiche werden durch 2 verschiedene Mechanismen (indirekte und direkte Strahlenwirkung) verändert,
3. die empfindlichen Bereiche werden stufenweise durch die Strahlung abgebaut.

Bei der Einwirkung von ultraviolettem Licht eines Hg-Hochdruck-Brenners vom Typ S80 ergab sich bei Dosen von 5,4-108 Wsec/cm^3 ebenfalls eine Zunahme der Durchlässigkeit bzw. eine Abnahme des Extinktionskoeffizienten mit wachsender Dosis.

Es wurden Reaktionsgleichungen unter verschiedenen Annahmen für die Abhängigkeit der Zahl der veränderten Moleküle von der Dosis und der Bestrahlungszeit abgeleitet.

Die Zahl der veränderten Moleküle ist unter der Voraussetzung einer ortsunabhängigen Absorption der Zahl der absorbierten Quanten proportional. Nimmt man an, dass die Absorption ortsabhängig ist, so gilt für die mittlere Konzentration der veränderten Moleküle eine analoge Abhängigkeit.

Berücksichtigt man eine bleibende Restabsorption, so ergibt die Rechnung eine Verminderung der wirksamen Dosis um den Faktor, der sich aus dem (gemittelten) Verhältnis der Absorptionsquerschnitte der Restabsorptionskomponente und der strahlenempfindlichen Komponente ergibt.

Im Gegensatz zu den Röntgenstrahlenversuchen ist für den Anfang der Bestrahlung der Zusammenhang zwischen dem Extinktionskoeffizienten E und der Dosis Q linear. Aus der Neigung der Geraden ergibt sich für beide Konzentrationen eine Quantenausbeute von ca 3.10^{-3} Monomere/Quant.

Sie liegt in der gleichen Grössenordnung wie die Ionenausbeute für eine direkte Trefferwirkung.

In der Diskussion werden die Ergebnisse mit den Untersuchungen anderer Autoren über die Quanten- und Ionenausbeuten bei der Inaktivierung von Viren und Bakteriophagen verglichen.

Lebenslauf

Am 24. März 1924 wurde ich, Irmgard Maria W o l f , als Tochter des Versicherungsmathematikers Dr. Ernst August Wolf und dessen Ehefrau Katharina, geb. Staat, in Frankfurt am Main geboren. Ich bin deutsche Staatsangehörige.

Nach 4 Grundschuljahren in Berlin besuchte ich dort von 1934 - 1939 das Franziskus - Oberlyzeum. Am 24.3.42 bestand ich an der Luise - Henriette - Schule, Oberschule für Mädchen, in Berlin-Tempelhof die Reifeprüfung. Im Sommer - Semester 1942 begann ich an der Humboldt-Universität Berlin das Studium der Physik. 1946 - 1947 war ich als Lehrerin am Franziskus-Oberlyzeum in Berlin tätig.

Am Astrophysikalischen Institut in Potsdam fertigte ich unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Wempe 1948/49 eine Diplom-Arbeit über das Thema: "Untersuchungen über die Beeinflussung der spektralen Empfindlichkeit von Selen-Photoelementen durch Photostrom und Aussenwiderstand" an. Am 4.11.49 bestand ich an der Humboldt-Universität in Berlin die Diplom-Hauptprüfung für Physiker.

1951 begann ich am Max-Planck-Institut für Biophysik unter Leitung von Herrn Prof. Dr. B. Rajewsky mit der vorliegenden Dissertation.

Referenten der Arbeit: Prof. Dr. Dr. B. Rajewsky
Prof. Dr. H. Hartmann

Tag der mündlichen Prüfung: 30. Juli 1954

54/189 K'1